

Concepte integrat, eficient i sostenible de les ciutats: les *smart cities*

L'impacte de la revolució digital sobre un món en procés accelerat d'urbanització explica l'emergència del concepte *smart city*

Fèlix Ruiz i Ariadna Llorens



Històricament, les ciutats s'han adaptat als successius canvis en l'entorn. La ciutat medieval enderroca les seves muralles per donar pas a la ciutat industrial; la ciutat industrial soluciona les seves crisis de creixement per mitjà de la disciplina urbanística... i així successivament. Les ciutats evolucionen en una progressió contínua en la qual les crisis se superen amb solucions que, alhora, tornen a generar noves problemàtiques i conflictes.

Aquesta vegada, les ciutats s'han de transformar altre cop per respon-

dre a un context radicalment nou en el qual el procés d'urbanització engrandeix els reptes de les ciutats i, en paral·lel, la irrupció de la revolució digital els fa diferents dels que hi havia hagut fins ara (Center for Cities, 2014).

Els grans avenços tecnològics i socioculturals que hi ha hagut els últims anys generen una evolució natural de les nostres ciutats cap a uns models més habitables, funcionals, eficients energèticament, sostenibles, respectuosos amb el medi ambient, saludables i en què hi participin els ciutadans. I els tècnics

ens hem d'adaptar a aquests nous models urbans i de ciutats.

Anàlogament, diversos estudis assenyalen que en els propers 15 anys, a causa en part, dels avenços tecnològics, moltes professions experimentaran canvis importants en la manera de treballar i amb l'aparició de nous nínxols de treball. Entre aquestes professions que evolucionaran hi ha les que estan relacionades amb l'enginyeria de l'edificació i de la construcció. És clar que els tècnics ens hem de preparar per a aquests canvis.

En aquest marc, el concepte *smart cities* (ciutats intel·ligents) ha crescut en importància i presència els últims anys. Una definició transversal i àmplia d'aquest concepte és la següent: ciutats que fan servir tecnologies d'informació i comunicació (TIC) per ser més intel·ligents i eficients en l'ús dels recursos, i això provoca un estalvi de costos i d'energia, una millora de la prestació de serveis i de la qualitat de vida, i una reducció de l'impacte ambiental. Una altra definició anàloga seria la següent: ciutats sostenibles que amb l'ús racional dels recursos pretenen garantir el futur de les ciutats i aconseguir l'equilibri entre els factors que impliquen el terme sostenibilitat (societat, economia i medi ambient). És un concepte lligat a la innovació tecnològica, l'obtenció i la gestió d'un gran nombre de dades (*big data*) i l'economia baixa en carboni. Tal com indica el MIT (Massachusetts Institute of Technology) les TIC (tecnologies d'informació i comunicació) s'estan convertint per a les ciutats, en l'equivalent al que el sistema nerviós és per al cos humà.

Els arquitectes tècnics (o enginyers d'edificació), atesa la transversalitat i l'alt nivell científicotècnic de la nostra formació, podem intervenir de manera protagonista en matèria de *smart cities*. És un camp de treball pluridisciplinari, en el qual s'ha de col·laborar amb altres professionals (enginyers civils, arquitectes, enginyers de telecomunicacions, enginyers informàtics, enginyers industrials, etc.).

Tendències i perspectives

El fenomen de les ciutats intel·ligents s'emmarca en un escenari caracteritzat per dues megatendències que determinen la transformació de la societat contemporània:

- **El procés d'urbanització.** És una de les tendències que marcarà amb més força el segle XXI i que ha provocat que, ja des de 2007,

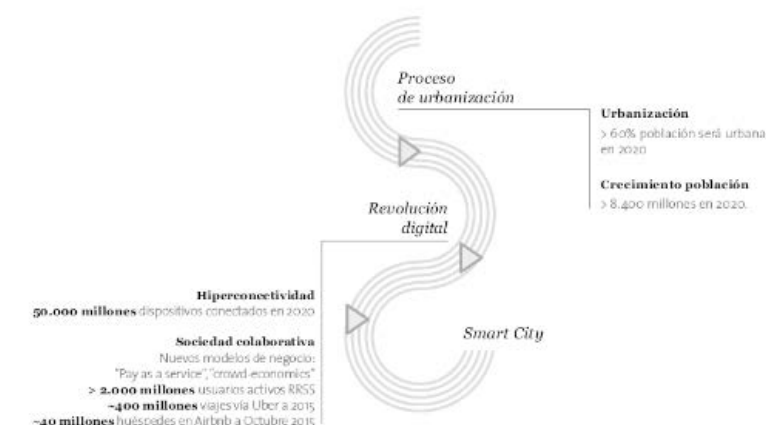


Figura 1. Megatendències que impacten en l'smart city (PwC-IE, 2015)

més del 50 % de la humanitat visqui en ciutats.

- **La revolució digital.** El desenvolupament de les tecnologies de la informació i les comunicacions ha donat lloc a una realitat en què proliferen els dispositius connectats (hiperconnectivitat), fixos i mòbils, tant entre persones com entre màquines (M2M o *machine to machine*) i que està transformant l'articulació del sistema productiu (societat col·laborativa).

L'impacte de la revolució digital sobre un món en procés accelerat d'urbanització és el que explica l'emergència del concepte *smart city*. En la confluència de les dues megatendències de canvi, sorgeix una nova ciutadania, més demandant i participativa, i una manera diferent de viure de la ciutat i d'integrar-la en els processos econòmics i socials (PwC-IE, 2015) (vegeu la Figura 1).

Els experts destaquen quatre fases comunes en el full de ruta cap a una *smart city*, que no té perquè seguir un ordre seqüencial:

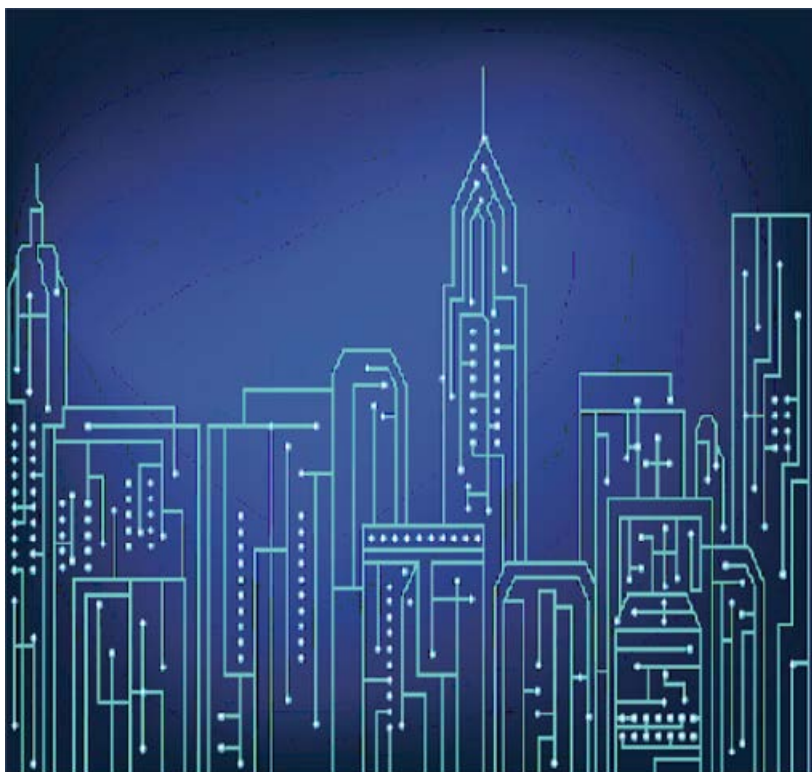
- **Vertical,** en la qual es dota els serveis urbans de tecnologia per millorar la seva gestió. Cada un dels àmbits de gestió de l'ajuntament impulsa aquests canvis, sovint de la mà de les empreses de serveis urbans corresponents. Aquesta fase presenta una

àmplia implantació a les nostres ciutats, i malgrat que encara té recorregut, és la que en general han de superar les ciutats.

- **Horitzontal,** en la qual es desenvolupa una plataforma de gestió transversal que connecta els diferents serveis. Algunes de les ciutats espanyoles més avançades estan desenvolupant aquest estadi.
- **Connectada,** on les ciutats comencin a compartir informació i a interoperar els diversos serveis verticals o sectorials a través de la plataforma de gestió.
- **Intel·ligent,** on s'aconsegueixi gestionar de manera avançada, predictiva i en temps real la ciutat, i oferir informació i serveis d'alt valor afegit als ciutadans i a les empreses, creant un ecosistema d'innovació.

No hi ha un consens ampli sobre els elements mínims que han de ser presents en una ciutat perquè sigui considerada intel·ligent. Tot i això, entre totes les definicions considerades en diferents estudis en surten quatre de comunes.

- **Una visió holística o global.** La ciutat intel·ligent no es limita a una aplicació sectorial de la seva intel·ligència, sinó que aquesta intel·ligència és present en tots els àmbits de la ciutat i es reflecteix en la mateixa gestió, que unifica i coordina transversalment àmbits i actors urbans.



Les TIC s'estan convertint per a les ciutats, en l'equivalent al que el sistema nerviós és per al cos humà.

- **Un mitjà per millorar la qualitat de vida.** Ser *smart* no és un fi en si mateix, sinó un mitjà per arribar a aconseguir el que totes les ciutats ambicionen: millorar els serveis públics i la qualitat de vida dels ciutadans; fer que el sector productiu local sigui més competitiu i innovador i generar un espai de convivència sostenible mediambientalment. En definitiva, que sigui atractiva per captar inversors, talent i visitants (Florida, 2002).
- **La tecnologia com a factor disruptiu.** La clau per aconseguir aquests objectius és l'ús d'una tecnologia que fa possible recollir grans quantitats de dades, processar-les i compartir-les en temps real en forma d'informació rellevant per generar valor afegit. La revolució digital permet ampliar i enriquir la informació de ciutadans i organitzacions; possibilita sinergies i interoperabilitat dins de la pròpia ciutat i amb altres serveis i sistemes supramunicipals (transport, energia, salut, etc.) i impulsa la innovació amb activitats com *open data* (dades obertes), *living labs* (laboratoris

vius) i *tech hubs* (nodes tecnològics). No obstant això, tot i que la digitalització és un component essencial del procés, una ciutat intel·ligent no es pot crear només desplegant sensors, xarxes i anàlisis de dades per millorar l'eficàcia dels seus serveis. El model de ciutat intel·ligent implica una nova forma de viure, gestionar, connectar, consumir l'espai urbà i gaudir-ne.

- **Un nou model de relacions.** La ciutat intel·ligent canvia el model de relacions existents. Des del punt de vista econòmic, dóna lloc a l'economia col·laborativa; en termes socials, permet noves formes de participació ciutadana, i en l'àmbit municipal facilita l'adopció de polítiques urbanes més àgils i transparents. Aquest nou model de relacions obre la porta a una comunicació més fluida entre tots els actors (ciutadans, empreses, institucions, visites territorials, inversors,...) i, ahora, aprofundeix en la seva integració amb altres ciutats i amb altres escales.

Una de les exigències dels ciuta-

dans, que reflecteix la Llei 19/2013, és que els municipis siguin més transparents. Des del punt de vista de la ciutat intel·ligent, de transparència, d'accés a la informació pública i de bon govern, cal també comptar amb mètriques que permetin considerar el progrés de les diverses iniciatives i gestionar-les de la manera més adequada. La combinació de les dues actuacions (el mesurament dels projectes i la publicació transparent dels resultats) és un incentiu i un element més de compromís per als gestors municipals. Avui dia no hi ha una mètrica o conjunt de mètriques de referència per mesurar l'avenç d'una *smart city*, si bé s'està desenvolupant un projecte en aquest sentit des de la Secretaria d'Estat de Telecomunicacions i Societat de la Informació (SETSI) i també hi ha un grup de treball a AENOR (SETSI, 2015). En aquest marc, seria molt útil disposar d'una mètrica de referència d'ús comú, basada en indicadors tan objectius com fos possible, que permeti valorar el progrés de les diverses iniciatives i gestionar-les de la manera més adequada en matèria de *smart cities*. En molts àmbits de la ciència i la tecnologia resulta útil

disposar de mètriques o escales d'ús comú (Ruiz, 2014).

Més enllà de la infraestructura necessària, les ciutats seran realment intel·ligents si són capaces de transformar les dades que manipulen en informació que permeti prendre decisions. De fet, es considera que un dels grans reptes del segle XXI és ser capaços de fer una gestió adequada del *big data*. És poc o gens útil disposar del *big data*, és a dir, de multitud de dades, si no es gestionen adequadament.

El *big data* permet oferir intel·ligència a través del processament i l'anàlisi de grans volums de dades provinents de diverses fonts de forma àgil i amb temps de resposta reduïts (IBM, 2014). L'entorn d'*open data* (dades obertes) no es podria entendre sense la realitat del *big data* (i del *cloud computing*) i les possibilitats que ofereix d'accés a grans volums de dades en temps real.

Podem definir el *cloud computing* (computació al núvol seria una traducció aproximadament literal) com la capacitat de processament mitjançant la qual les solucions tecnològiques es fan escalables i flexibles ja que es facilita en mode servei als clients utilitzant Internet (Gartner, 2014).

La Xarxa Espanyola de Ciutats Intel·ligents (RECI)

La tecnologia és el mitjà que necessitem per avançar cap a la gestió intel·ligent de les ciutats. I millorar la qualitat de vida dels ciutadans és l'objectiu. Això és el que pretenen aconseguir les *smart cities* i el comú denominador que comparteixen els 65 municipis que avui dia formen la Xarxa Espanyola de Ciutats Intel·ligents (RECI): generar una dinàmica entre ciutats amb l'objectiu de disposar d'una "xarxa espanyola de ciutats intel·ligents", posar la innovació al servei de la ciutat per optimitzar-ne els recursos i augmentar-

ne la sostenibilitat, i així aconseguir reduir la despesa pública i, alhora, prestar serveis millors al ciutadà. I, evidentment, fomentar l'activitat econòmica per atreure el progrés.

A Catalunya pertanyen a la RECI: Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat, Sant Cugat i Sabadell. La Xarxa Espanyola de Ciutats Intel·ligents (RECI) arrenca el 2011 amb la signatura del "Manifest per les ciutats intel·ligents. Innovació per al progrés", que tenia el compromís de crear una xarxa oberta per propiciar el progrés de les ciutats a través de la innovació i el coneixement, amb el suport de les TIC. Es va constituir formalment el 2012 a Valladolid. Té l'objectiu d'intercanviar experiències i treballar conjuntament per

desenvolupar un model de gestió sostenible i millorar la qualitat de vida dels ciutadans, incidint en aspectes com l'estalvi energètic, la mobilitat sostenible, l'administració electrònica, l'atenció a les persones o la seguretat.

En definitiva, cada ciutat ha de definir la seva pròpia visió i ritme de transformació cap a una gestió intel·ligent. Tot i això, per aconseguir un avenç efectiu, a part del lideratge dels mateixos ajuntaments, és imprescindible la implicació de la resta de nivells de l'Administració, de les empreses, de les universitats, dels tècnics, i, evidentment, dels ciutadans, i això permet generar un ecosistema de ciutat involucrat en la confecció de la *smart city*.



Monitoratge cara superior



Monitoratge cara inferior

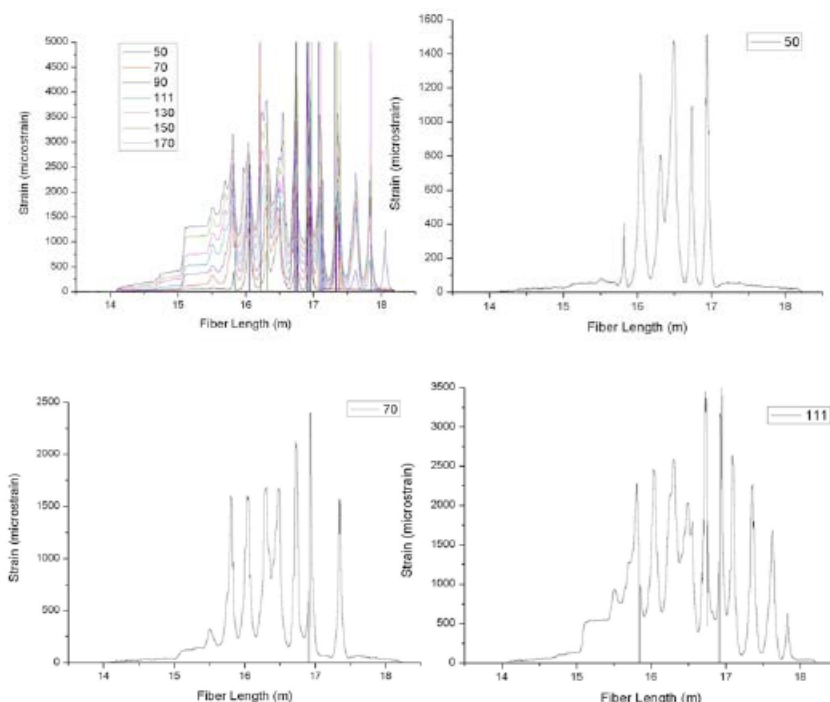


Figura 2. Imatges d'estructures intel·ligents



Neàpolis, l'agència d'innovació de la tecnologia, el disseny i l'esperit empresarial seu catalana de la City Protocol Society

■ Xarxa internacional

La City Protocol Society (CPS) és una xarxa global present a una cinquantena de ciutats d'arreu del món, entre les quals estan Copenhaguen, Seül, Dublín, Buenos Aires, Helsinki, Quito, Bristol, Torí, Yokohama, Barcelona i Lió. Està integrada per governs, administracions, centres educatius, universitats, empreses o organitzacions no governamentals amb l'objectiu de cercar solucions innovadores basades en la tecnologia, i avançar cap a un model de ciutats intel·ligents. El Capítol Català de la CPS està presidit per la Generalitat de Catalunya, essent la vicepresidència l'Ajuntament de Vilanova i la Geltrú. La seu permanent està a l'EPEL Neàpolis, a Vilanova i la Geltrú i està format per nombrosos ajuntaments (més de trenta) així com per diputacions, entitats i universitats diverses.

■ Exemples pràctics d'aplicacions en l'àmbit smart city

Per entendre millor el que hem explicat, es considera adequat incloure una sèrie d'exemples pràctics, d'objectes i sistemes innovadors, que ja existeixen o que estan en fase de desenvolupament, i que s'engloben dins del concepte *smart city*, i que col·laboren per aconseguir alguns dels objectius plantejats en aquest article i que defineixen l'essència de la *smart city*.

Estructures intel·ligents en edificis

El concepte bàsic és dotar l'estructura d'un edifici d'uns sensors (especialment continus i de fibra òptica), de manera que l'estructura queda dotada d'un sistema nerviós i és capaç de transmetre dades d'interès sobre el seu estat de salut (deformacions, fissures, tensions, humitats, etc.). (Ruiz i Llorens, 2012), (Villalba i Casas, 2009).

Amb aquesta tecnologia, el tècnic de capçalera pot conèixer les dades de salut d'un determinat edifici a través del seu *smart phone* o *tablet*, des del seu propi despatx. S'ha fet un estudi per analitzar-ne la viabilitat econòmica, i es verifica que aquesta tecnologia és rendible (Ruiz *et al.*, 2016).

Node urbà

Aquest concepte el podem definir com un element urbà que pot donar llum (o no), i que, a més, fa altres funcions, de manera que es converteix en un element urbà multifunció. Entre algunes d'aquestes múltiples funcions hi ha la d'incorporar sensors (o recollir dades de sensors

externs al node urbà) que recullen dades variades d'interès, com ara humitat, temperatura, intensitat lumínica, detecció de pas de persones (per regular la intensitat de llum en funció de si hi ha o no algun transeünt a prop del node urbà), concentració de NO_2 , concentració de CO , contaminació atmosfèrica, contaminació acústica, trànsit, places lliures d'aparcament, control dels contenidors d'escombraries i un llarg etcètera. Tota aquesta informació s'envia al «núvol» i pot estar a disposició dels ciutadans i/o de l'Administració pública, a través de l'ús d'un *smart phone* o una *tablet* (vegeu la Figura 3). També es preveu la creació d'una xarxa Wi-Fi (Wireless Fidelity) de lliure accés per als ciutadans (Ruiz *et al.*, 2014).



Figura 3. Imatge de node urbà

La xarxa telemàtica assegura la gestió domòtica de serveis comuns i particulars dels residents i permet regular el consum d'aigua, energia i electricitat a tots els edificis, i també controla les despeses operatives del seu manteniment.

Telepresència connecta a través d'un circuit audiovisual oficines, col·legis i cases particulars.

La xarxa de sensors intel·ligents, instal·lats a la ciutat controla la temperatura, el consum d'energia, l'estat del trànsit, el reg, les lluminàries, els aparcaments, els contenidors de residus, de forma contínua per garantir una gestió òptima dels recursos necessaris.

Fomentar l'ús de **l'energia de l'hidrogen** i les piles de combustible per al transport urbà, edificis residencials i oficines.

Xarxa elèctrica intel·ligent (o XEI; *smart grid* en anglès) es pot definir com la integració dinàmica dels desenvolupaments en enginyeria elèctrica, emmagatzematge energètic i els avenços de les tecnologies de la informació i comunicació (o TIC), dins del negoci de l'energia elèctrica (generació, transmissió, distribució, emmagatzematge i comercialització, incloses les energies alternatives); i això permet que les àrees de coordinació de proteccions, control, instrumentació, mesura, qualitat i administració d'energia, etc, es concatenin en un sol sistema de gestió amb l'objectiu primordial de fer un ús eficient i racional de l'energia.

Amb l'ús de tecnologia capdavantera es pretén implantar un **tractament avançat de residus** que permeti generar energia addicional per a múltiples usos urbans.

Aplicacions mòbils: ofereix informació rellevant sobre els serveis urbans, des de tràmits administratius fins a mobilitat, consum, educació, oci i entreteniment. Cal dir que, a part dels exemples pràctics explicats, hi ha molts altres exemples més que queden emmarcats dins del concepte *smart city*.

En el marc pràctic plantejat es considera que les ciutats s'estan transformant en sistemes cibernètics complexos que poden ser controlats i analitzats en temps real per mitjà de tot tipus de sensors fixos i mòbils. Des de sensors fixos en les zones d'aparcament, a microetiquetes digitals en diferents tipus de residus o els miniquadricòpters voladors, els sensors urbans poden recollir un volum d'informació sense precedents sobre les dinàmiques i els fluxos urbans. El monitoratge i l'anàlisi de les dades sobre el trànsit, el consum d'aigua i energia, la recollida de residus o canvis climàtics aporta informació clau als gestors urbans per solucionar i anticipar-se als problemes puntuals o permanents que

afecten les principals dinàmiques de la ciutat. Juntament amb diversos tipus de microsenyors fixos i mòbils que permeten transmetre informació sobre les circumstàncies particulars d'un determinat entorn o element urbà, tenen un protagonisme especial els residents d'una ciutat.

L'extens ús dels telèfons mòbils i dispositius digitals els converteix en sensors sensibles que controlen constantment la ciutat, i configuren un particular mapa informatiu de l'entorn urbà (Ratti, 2016).

■ Conclusions

Els grans avenços tecnològics i socioculturals que estan tenint lloc els últims anys generen una evolució natural de les nostres ciutats cap al concepte de *smart city*. Aquest concepte transversal implica uns models de ciutat més habitables, funcionals, eficients energèticament, sostenibles, respectuosos amb el medi ambient, saludables i en què hi participi el ciutadà.

Els arquitectes tècnics (o enginyers d'edificació), atesa la transversalitat i l'alt nivell científicotècnic de la nostra formació, podem intervenir de manera protagonista en matèria de *smart cities*. És un camp de treball pluridisciplinari, en el qual s'ha de col·laborar amb altres professionals (enginyers civils, arquitectes, enginyers de telecomunicacions, enginyers informàtics, enginyers industrials, etc.). I en el qual apareixen nous nínxols de treball, i els tècnics hem de ser capaços d'adaptar-nos i formar-nos per donar una resposta adequada a aquesta realitat de les ciutats en constant evolució. Per a qui estigui interessat a aprofundir en aquesta temàtica, al CAATEEB es fa el curs "Introducció a les *smart cities*", de 4 hores de durada. ■

Els autors: *Fèlix Ruiz és arquitecte tècnic, col·legiat núm. 7.075, doctor enginyer civil i professor del CAATEEB / felix.ruiz@upc.edu / felixrg@neapolis.cat. Ariadna Llorens és doctora enginyera industrial i professora de la UPC / ariadna.llorens@upc.edu*

Referències

Center for Cities, (2014). *Smart cities*.

Florida, (2002). *The rise of the creative class*.

Gartner, (2014). *The nexus of forces: social, mobile and cloud information*.

IBM, (2014). *Big data beyond the hype: a guide to conversations for today's data center*.

PWC-IE, (2015). Centro de Innovación del Sector Público de PWC e IE Business School. *Smart cities. La transformación digital de las ciudades*.

Ratti, C. (2016). *L'avenir du bureau dans un monde numérique*. La Tribune.

Ruiz, F.; Martí, P. i Llorens, A. (2016). *Anàlisi cost-benefici de les estructures intel·ligents*. L'INFORMATIU. Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona. Número 348, p. 89-96.

Ruiz, F.; Farré, J.; Martí, P.; Martínez, N. i Llorens, A. (2014). *El node urbà. Canvi de concepte de fanal cap a element urbà multifuncional en smart cities*. L'INFORMATIU. Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona. Número 340, p. 85-89.

Ruiz, F. (2014). *Escala de gravedad de daños en edificios. De la asignación directa a la contrastación estadística*. Tesis doctoral. ETS d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona-UPC.

Ruiz, F. i Llorens, A. (2012). *Les estructures intel·ligents. Aplicació de les noves tecnologies per la gestió de la salut estructural dels edificis*. L'INFORMATIU. Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona. Número 333, p. 98-103.

SETSI, (2015). *Pla nacional de ciutats intel·ligents*.

Villalba, S.; Casas, J. R. *Feasibility of Structural Health Monitoring of concrete structures by Optical Backscatter Reflectometer. Proceedings of the 7th International Workshop on Structural Health Monitoring*. Setembre de 2009. Stanford University (USA).